

Научная статья

УДК 539.214.9

## ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ВЫПОЛНЕНИЯ ГИПОТЕЗЫ ЕДИНОЙ КРИВОЙ У МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ГПУ-РЕШЕТКОЙ

**Дмитрий Юрьевич Абашев**

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

*9283dima@mail.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

**Аннотация.** В работе выполнен анализ литературных данных, касающихся проявления анизотропии при пластической деформации металлов с ГПУ-решеткой. Сделан вывод о необходимости упрощения системы уравнений, описывающих пластическую деформацию анизотропных сред, что позволяет сократить количество экспериментов.

**Ключевые слова:** гексагональная решетка, анизотропия, магний, титан, цирконий

Original article

## DEVIATIONS FROM THE IMPLEMENTATION OF THE HYPOTHESIS OF A SINGLE CURVE IN METALS AND ALLOYS WITH A GPU-LATTICE

**Dmitry Yurievich Abashev**

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

*9283dima@mail.ru*

**Abstract.** The paper analyzes the literature data concerning the manifestation of anisotropy during plastic deformation of metals with an GPU-lattice. It is concluded that it is necessary to simplify the system of equations describing the plastic deformation of anisotropic media, which makes it possible to reduce the number of experiments.

**Keywords:** hexagonal lattice, anisotropy, magnesium, titanium, zirconium

Довольно большое количество исследований выполнено для описания пластических свойств металлов с ГПУ-решеткой [1; 2]. Отмечаются расхождения в ходе кривых упрочнения, измеренных как при изменении знака деформации (сжатия, растяжения), так и при изменении направления приложения нагрузки. В совокупности явлений это приводит к мысли о некорректности применения кривых упрочнения, полученных в одном из видов испытаний, по отношению к общей схеме приложения напряжений в конкретной схеме пластической деформации. Такой подход касается, например, таких металлов, как альфа-титан [3], цирконий [4; 5]. Особенное место занимает магний и его сплавы, они демонстрируют гораздо более сильную разницу между пределами текучести при растяжении и сжатии. В литературе имеются данные, что отношение предела текучести при растяжении к пределу текучести при сжатии может быть меньше 0,5 для чистого текстурированного магния. Следовательно, происходит смещение кривых упрочнения.

С ростом предварительной пластической деформации предел текучести на сжатие становится значительно выше, чем для растяжения. Например, при предварительном обжатии в 1 % предел текучести при растяжении вдоль оси  $u$  составляет 200 МПа, а предел текучести на сжатие 120 МПа. При предварительном обжатии на 15 % предел текучести при растяжении растет в 1,5 раза, достигая значений 300 МПа, тогда как предел текучести на сжатие растет в 4 раза, достигая значений 480 МПа.

Для описания влияния анизотропии свойств на деформационное поведение металлов с ГПУ-решеткой предлагались различные варианты систем дифференциальных уравнений теории пластичности. Наибольшее применение нашла теория Хилла. Однако для описания свойств металла здесь потребовалось большое количество параметров, и, соответственно, большое количество опытов. Попытка сократить количество параметров при использовании свойства симметрии ГПУ-решетки сделано в работе [6].

#### Список источников

1. Черняева Т. П., Грицина В. М. Характеристики ГПУ металлов, определяющие их поведение при механическом, термическом и радиационном воздействии. Вопросы атомной науки и техники. Харьков. 2008. № 2. С. 15–27.

2. Plunkett B., Cazacu O., Barlat F. Orthotropic yield criteria for description of the anisotropy in tension and compression of sheet metals // *International Journal of Plasticity*. 2008. V. 24. № 5. P. 847–866.
3. Nixon M. E., Lebensohn R. A., Cazacu O. Experimental and finite-element analysis of the anisotropic response of high-purity  $\alpha$ -titanium in bending // *Acta Materialia*. 2010. V. 58. P. 5759–5767.
4. Абашев Д. Ю. Последствия пластической деформации циркония при прокатке // XX Уральская школа — семинар молодых ученых-металловедов. 2020. С. 67–71.
5. Логинов Ю. Н., Тугбаев Ю. В. Соотношения компонентов тензора деформации при прессовании циркония // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2020. № 10. С. 23–28.
6. Логинов Ю. Н., Соловей В. Д., Котов В. В. Преобразование условия текучести при деформации металлических материалов с ГПУ решеткой // *Металлы*. 2010. № 2. С. 93–99.

### References

1. Chernyaeva T. P., V. M. Gritsina. Characteristics of hcp metals that determine their behavior under mechanical, thermal and radiation exposure // *Questions of atomic science and technology*. 2008. № 2. P. 15–27.
2. Plunkett B., Cazacu O., Barlat F. Orthotropic yield criteria for description of the anisotropy in tension and compression of sheet metals // *International Journal of Plasticity*. 2008. V. 24. № 5. P. 847–866.
3. Nixon M. E., Lebensohn R. A., Cazacu O. Experimental and finite-element analysis of the anisotropic response of high-purity  $\alpha$ -titanium in bending // *Acta Materialia*. 2010. V. 58. P. 5759–5767.
4. Abashev D. Yu. Consequences of plastic deformation of zirconium during rolling // XX Ural School — Seminar of Young Metal Scientists. 2020. P. 67–71.
5. Loginov Yu. N., Tugbaev Yu. V. Ratios of the components of the deformation tensor during pressing of zirconium // *Forging and stamping production. Material processing by pressure*. 2020. № 10. P. 23–28.
6. Loginov Yu. N., Solovey V. D., Kotov V. V. Transformation of the yield condition during deformation of metallic materials with an hcp lattice // *Metals*. 2010. № 2. P. 93–99.